

# Autonome Schifffahrt und Galileo

Dr. Christoph Lass

DLR, Institut für Kommunikation und Navigation

Nautische Systeme

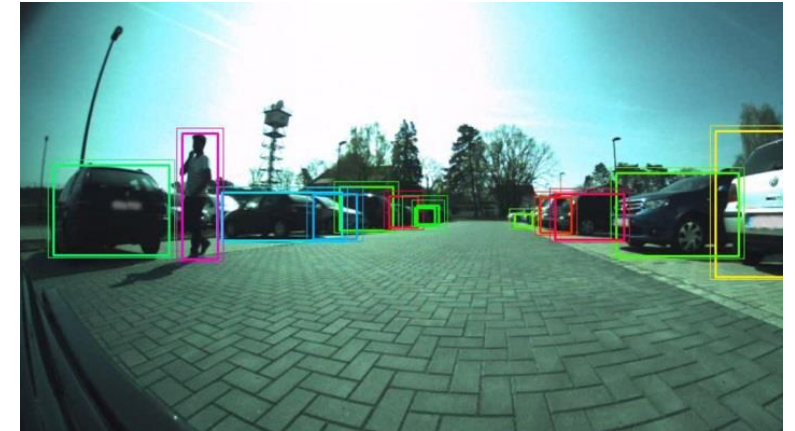


Wissen für Morgen



# 1. Automatisierung – Herausforderungen der verschiedenen Transportmodi

- Autos
  - Hohe Anzahl an inhomogenen Teilnehmern
  - Schnelle Reaktionszeiten erforderlich
- Seeschifffahrt
  - Lange Dauer der Fahrten
  - Keine Breitbandkommunikation
- **Binnenschifffahrt**
  - Geringe Anzahl an Teilnehmern, homogen
  - Längere Reaktionszeiten erlaubt
  - Breitbandkommunikation möglich



BMVI: Masterplan Binnenschifffahrt



# 1. Motivation – Vorteile der Binnenschifffahrt

- Zuverlässig und effizient
- Transport von Gefahrgütern
- Gütermenge steigt von Jahr zu Jahr  
→ Freie Kapazitäten im Vergleich zu LKW und Zügen
- GNSS als Hauptquelle für PNT Daten → Relevant für autonome Schifffahrt



# 1. Motivation – AutonomSOW



## Stakeholder

- DLR
- Alberding GmbH
- Bundesverband öffentlicher Binnenhäfen
- Häfen Königswusterhausen, Eisenhüttenstadt

## Gefördert von

- BMVI



## Unterstützt von

- Ministerium für Infrastruktur des Landes Brandenburg
- WSV
- Landkreise Dahme-Spreewald
- AGRAVIS
- ED Line Reederei, ...



# 1. Motivation – AutonomSOW



**Zeitplan des  
Projektes**



## Voraussetzungen für das digitale Testfeld

- Installierung eines 5G-Netzes für die Testregion
- Ständige Verfügbarkeit ausreichender Datenmengen
- Innovative Videotechnik zur Steigerung der Fahreffizienz
- Präzise und zuverlässige Bestimmung von PNT Daten mit Hilfe von GNSS





## 2. Galileo - Überblick

- Unabhängigkeit von anderen GNSS
- Hohe Genauigkeit
- Mehr Observationen → Mehr Redundanz
- Schnelleres Festsetzen der Mehrdeutigkeiten bei RTK und PPP
- Verschiedene Angebote an Diensten



## 2. Galileo - Messkampagne

- Messkampagne in Koblenz, 14.05.2019
- Ziele:
  - Mehrwert durch Galileo bei RTK Positionierung
  - Vorteile durch mehrere Antennen bei Brückendurchfahrten



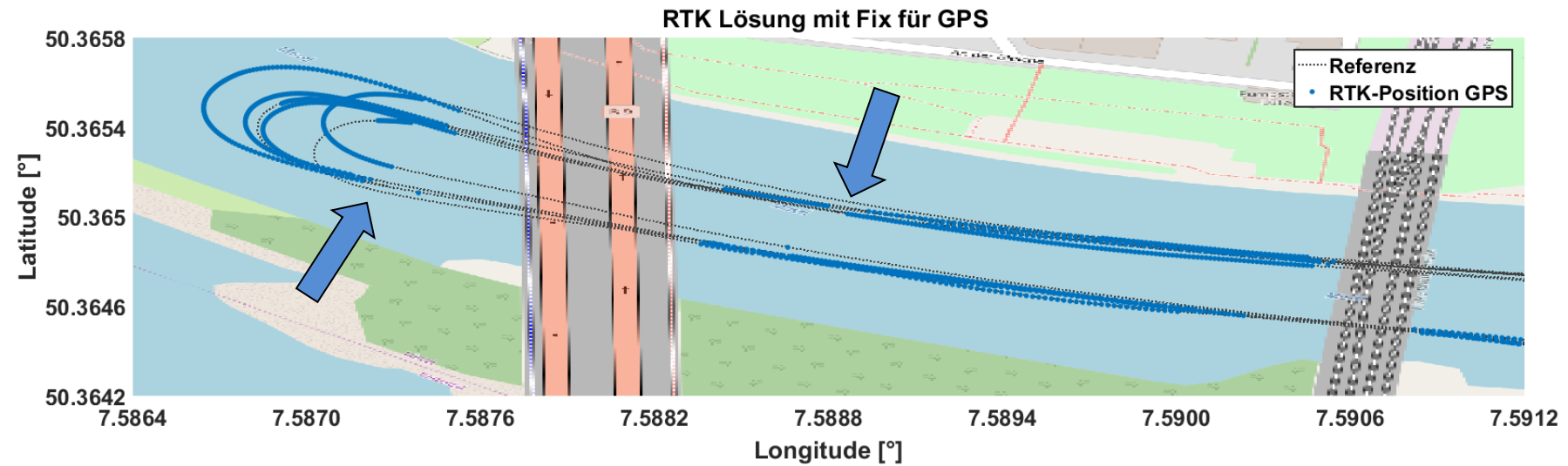
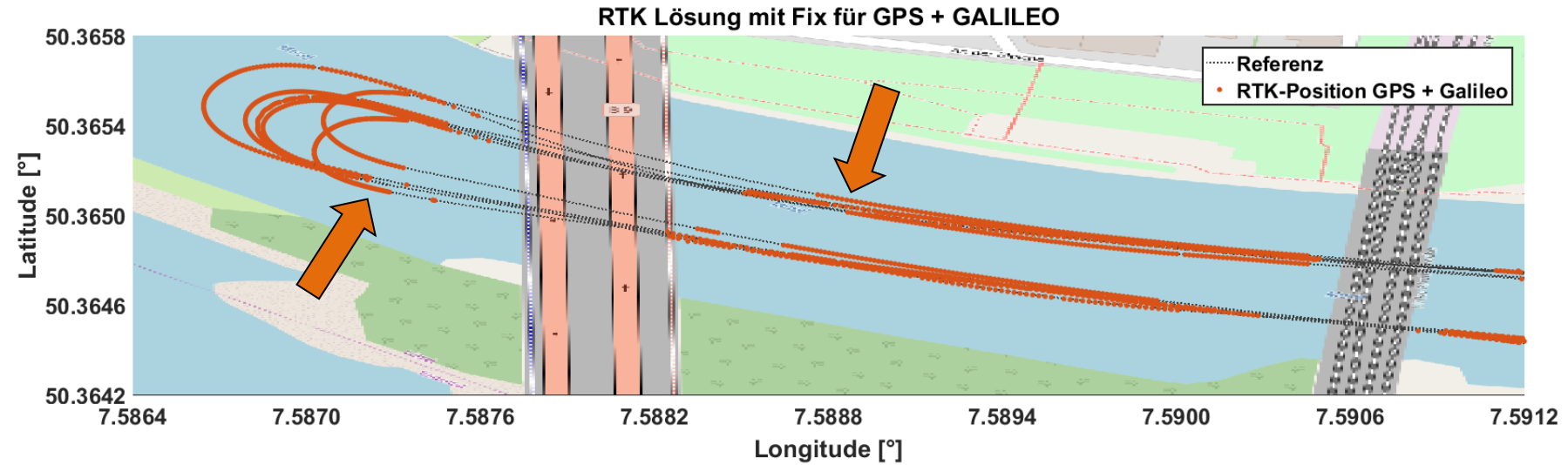


## 2. Galileo - Messkampagne

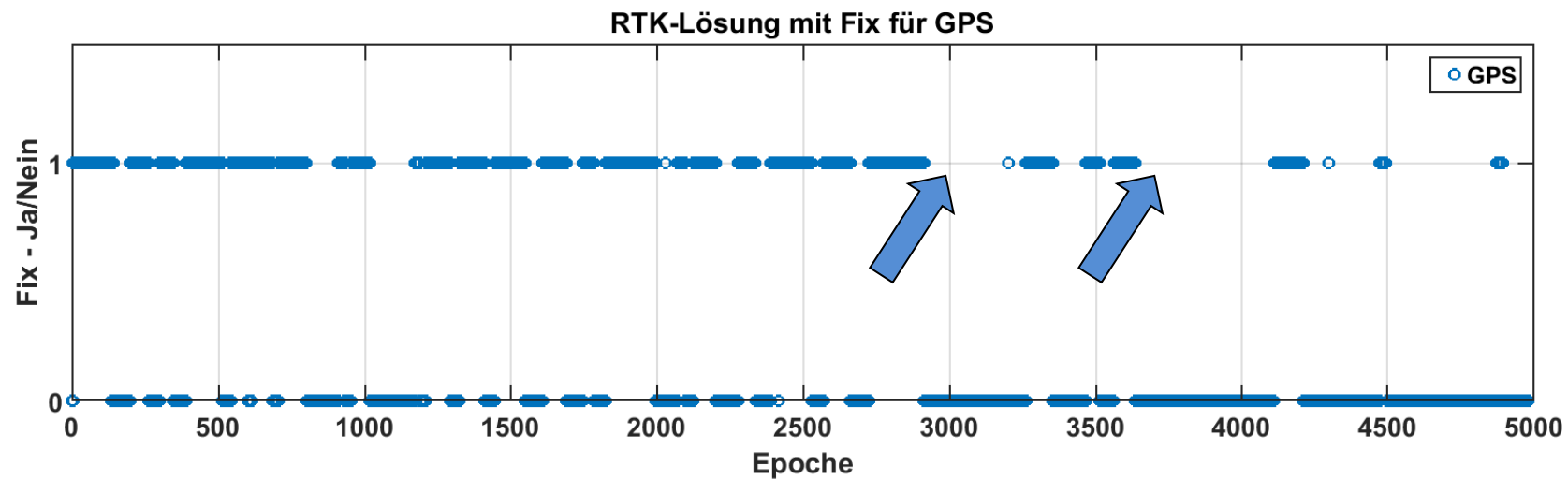
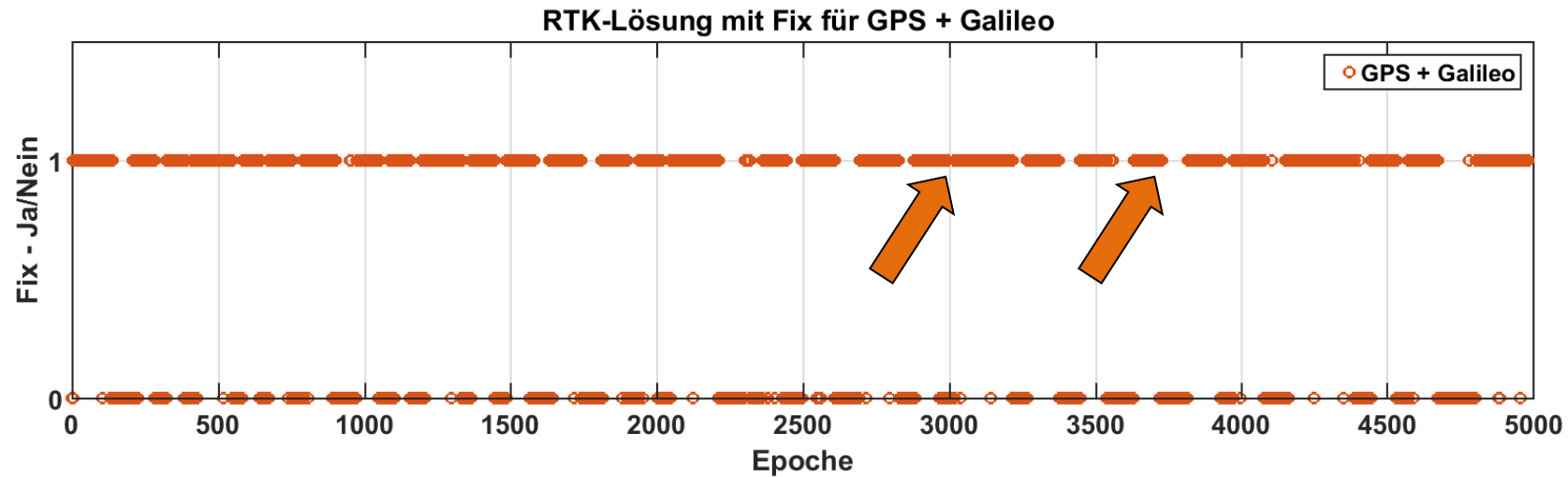




## 2. Galileo - Messkampagne



## 2. Galileo - Messkampagne

























## 2. Galileo in der Schifffahrt



- GNSS alleine nicht ausreichend für autonome Schifffahrt
- Inertiale Messeinheit (IMU), Gyrokompass, Nahbereichssensorik
- Fusion verschiedener Sensoren
- Integrität



### 3. Automatisierung der Navigation

	Grad	Bezeichnung	Schiffsführung (Manövrieren, Antrieb, Steuerhaus usw.)	Überwachung und Reaktion auf Navigations- umgebung	Fallback- Performance dynamischer Navigations- aufgaben	Fernsteuerung
 	0	<b>KEINE AUTOMATISIERUNG</b> permanente Ausführung aller Aspekte der dynamischen Navigationsaufgaben durch den menschlichen Schiffsführer, auch wenn diese durch Warn- oder Interventionssysteme unterstützt werden <i>Bsp. Navigation mit Unterstützung der Radaranlage</i>				Nein
	1	<b>STEUERUNGSUNTERSTÜTZUNG</b> kontextspezifische Ausführung durch ein <u>automatisiertes Steuerungssystem</u> unter Verwendung bestimmter Informationen über die Navigationsumgebung, wobei davon ausgegangen wird, dass der menschliche Schiffsführer alle übrigen Aspekte der dynamischen Navigationsaufgaben ausführt <i>Bsp. Wendegeschwindigkeitsregler</i> <i>Bsp. Trackpilot (Spurhaltesystem für Binnenschiffe entlang vordefinierter Leitlinien)</i>				
	2	<b>TEILAUTOMATISIERUNG</b> kontextspezifische Ausführung durch ein automatisiertes Navigationssystem <u>sowohl der Steuerung als auch des Antriebs</u> unter Verwendung bestimmter Informationen über die Navigationsumgebung, wobei davon ausgegangen wird, dass der menschliche Schiffsführer alle übrigen Aspekte der dynamischen Navigationsaufgaben ausführt				Je nach kontextspezifischer Ausführung ist eine Fernsteuerung möglich (Schiffsführung, Überwachung und Reaktion auf Navigationsumgebung oder Fallback-Performance). Dies kann sich auf die Anforderungen an die Besatzung (Anzahl oder Befähigung) auswirken.
<b>DAS SYSTEM FÜHRT ALLE DYNAMISCHEN NAVIGATIONS-AUFGABEN AUS (WENN ES EINGESCHALTET IST)</b>	3	<b>BEDINGTE AUTOMATISIERUNG</b> <u>kontinuierliche</u> kontextspezifische Ausführung <u>aller</u> dynamischen Navigationsaufgaben durch ein automatisiertes Navigationssystem, <u>einschließlich Kollisionsvermeidung</u> , wobei davon ausgegangen wird, dass der menschliche Schiffsführer auf Aufforderungen zum Eingreifen und Systemausfälle angemessen reagiert				
	4	<b>HOHE AUTOMATISIERUNG</b> kontinuierliche kontextspezifische Ausführung aller dynamischen Navigationsaufgaben <u>und Fallback-Performance</u> durch ein automatisiertes Navigationssystem, <u>ohne dass davon ausgegangen wird, dass ein menschlicher Schiffsführer auf eine Aufforderung zum Eingreifen reagiert</u> <sup>1</sup> <i>Bsp. Fahrzeug, das auf einem Kanalabschnitt zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schleusen betrieben wird (Umgebung bekannt), das Automatisierungssystem kann das Durchfahren der Schleuse jedoch nicht allein bewältigen (was ein menschliches Eingreifen erfordert)</i>				
	5	<b>AUTONOM = VOLLAUTOMATISIERUNG</b> kontinuierliche <u>bedingungslose</u> Ausführung aller dynamischen Navigationsaufgaben und Fallback-Performance durch ein automatisiertes Navigationssystem, ohne dass davon ausgegangen wird, dass ein menschlicher Schiffsführer auf eine Aufforderung zum Eingreifen reagiert				

ZKR - [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/AutomatisationNav/NoteAutomatisation\\_de.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/AutomatisationNav/NoteAutomatisation_de.pdf)

<sup>1</sup> Dieser Grad sieht zwei verschiedene Funktionalitäten vor: Fähigkeit zum „normalen“ Betrieb ohne menschliches Eingreifen und vollständige Fallback-Performance. Zwei Untergrade sind denkbar.



### 3. Automatisierung der Navigation – LAESSI

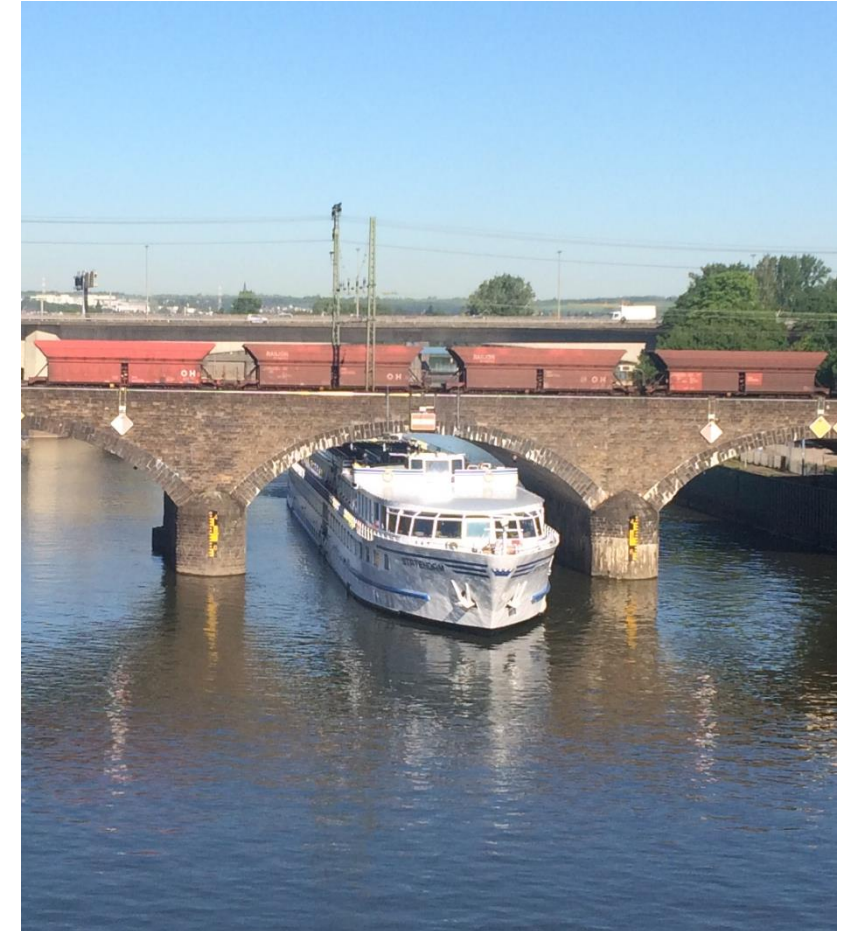
- **LAESSI** - Verbundprojekt „**L**eit- und **A**ssistenzsysteme zur **E**rhöhung der **S**icherheit der **S**chifffahrt auf **I**nlandwasserstraßen”
- Vorhaben: Bordseitige PNT-Datenbestimmung, Integritätsbewertung und Datenaufbereitung für Fahrerassistenzsysteme für die Binnenschifffahrt
- Laufzeit: Oktober 2015 – März 2018





### 3. Automatisierung der Navigation – LAESSI

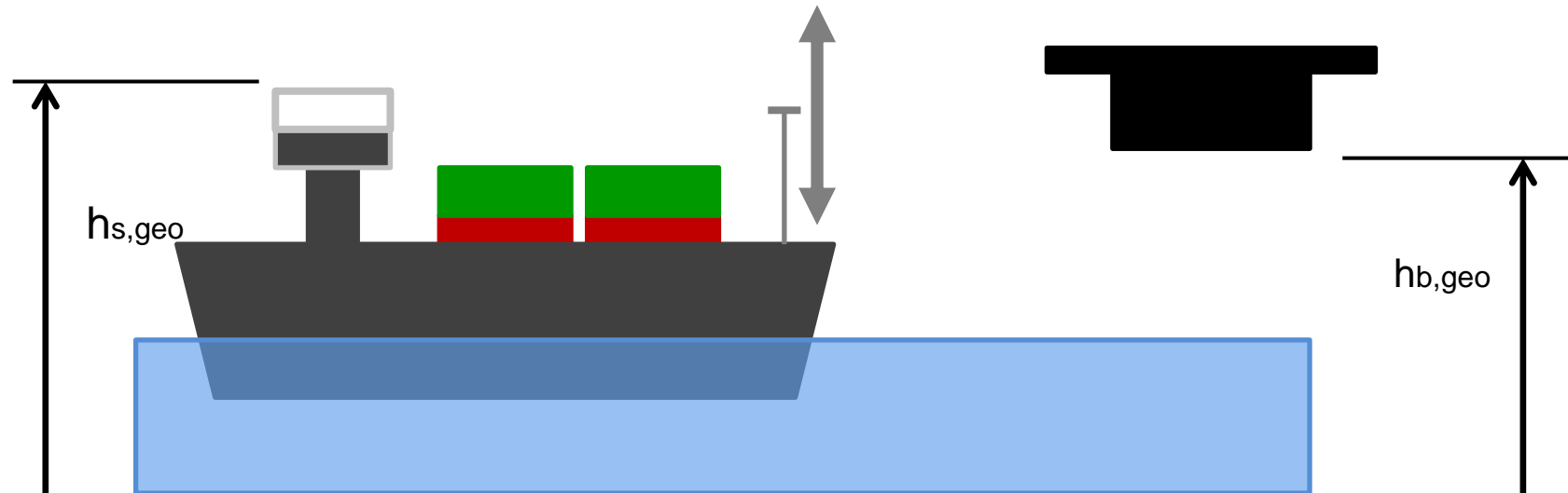
- Brückenfahrwarnung → Präzise vertikale Positionierung über RTK
- Referenzstationen von SAPOS
- Korrekturdaten über AIS/VDES und GSM
- Zwei Antennen für Heading und Sensorredundanz







### 3. Automatisierung der Navigation – LAESSI

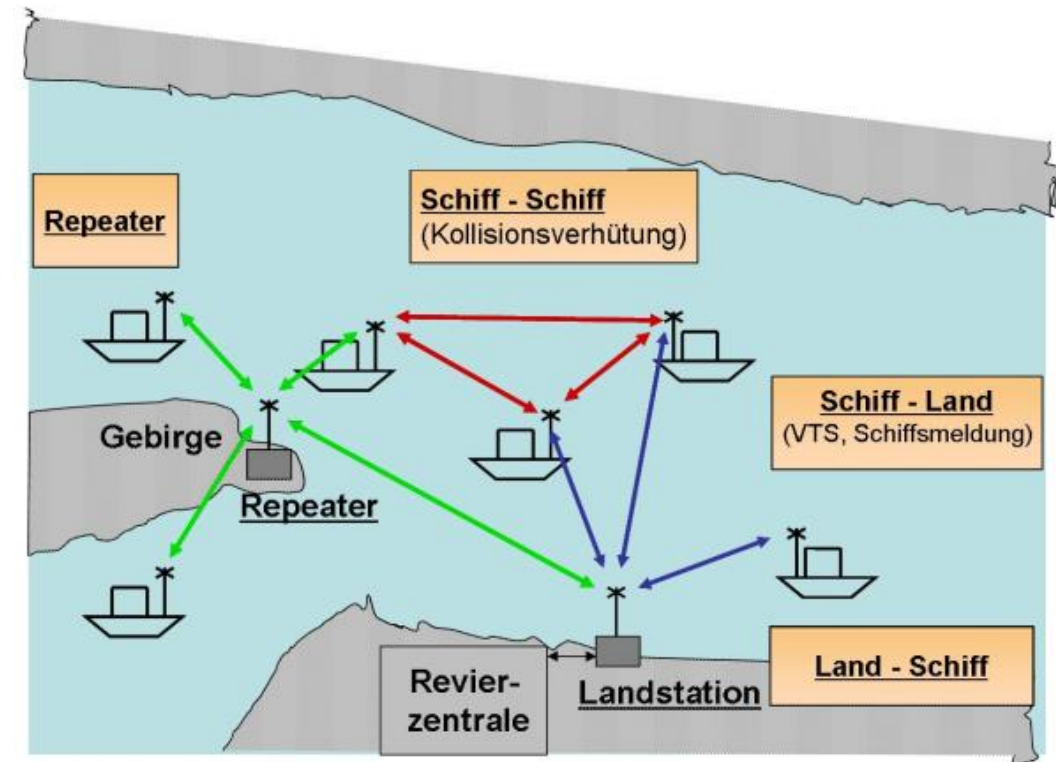


- GNSS Ansatz:
  - Vergleich der geodätischen Höhe der Brücke mit der geodätischen Höhe verschiedener Bereiche des Schiffes
  - Zwei Zeithorizonte: Warnung, Alarm
- Korrekturen für RTK über AIS/VDES



### 3. Automatic Identification System (AIS)

- Senden und Empfangen von nautischen Daten
  - Name, Rufzeichen
  - Position, Geschwindigkeit, Kurs
  - Ladung, Wetter, ...
- Applikationsspezifische Nachrichten (ASM) möglich  
➔ Korrekturen
- Beschränkte Reichweite (10 – 100 km) und beschränkte Bandbreite (9,6 kbps)
- VHF Data Exchange System (VDES)
  - Erweiterung von AIS um zwei terrestrische Kanäle und 2-Wege Satellitenverbindung



[https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp181011/Leaflet\\_Inland\\_AIS\\_de.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp181011/Leaflet_Inland_AIS_de.pdf)



### 3. Automatisierung der Navigation – LAESSI

- Anforderungen an die Fahrassistenzfunktionen

	Brückenfahr- warnung	Automatische Bahnführung	Anlegeassistent	Conning-Anzeige
Positionsgenauigkeit [cm]	20	30	10	20
Höhengenauigkeit [cm]	10	-	-	-
Richtungsgenauigkeit [°]	0,3	0,17	0,07	0,1

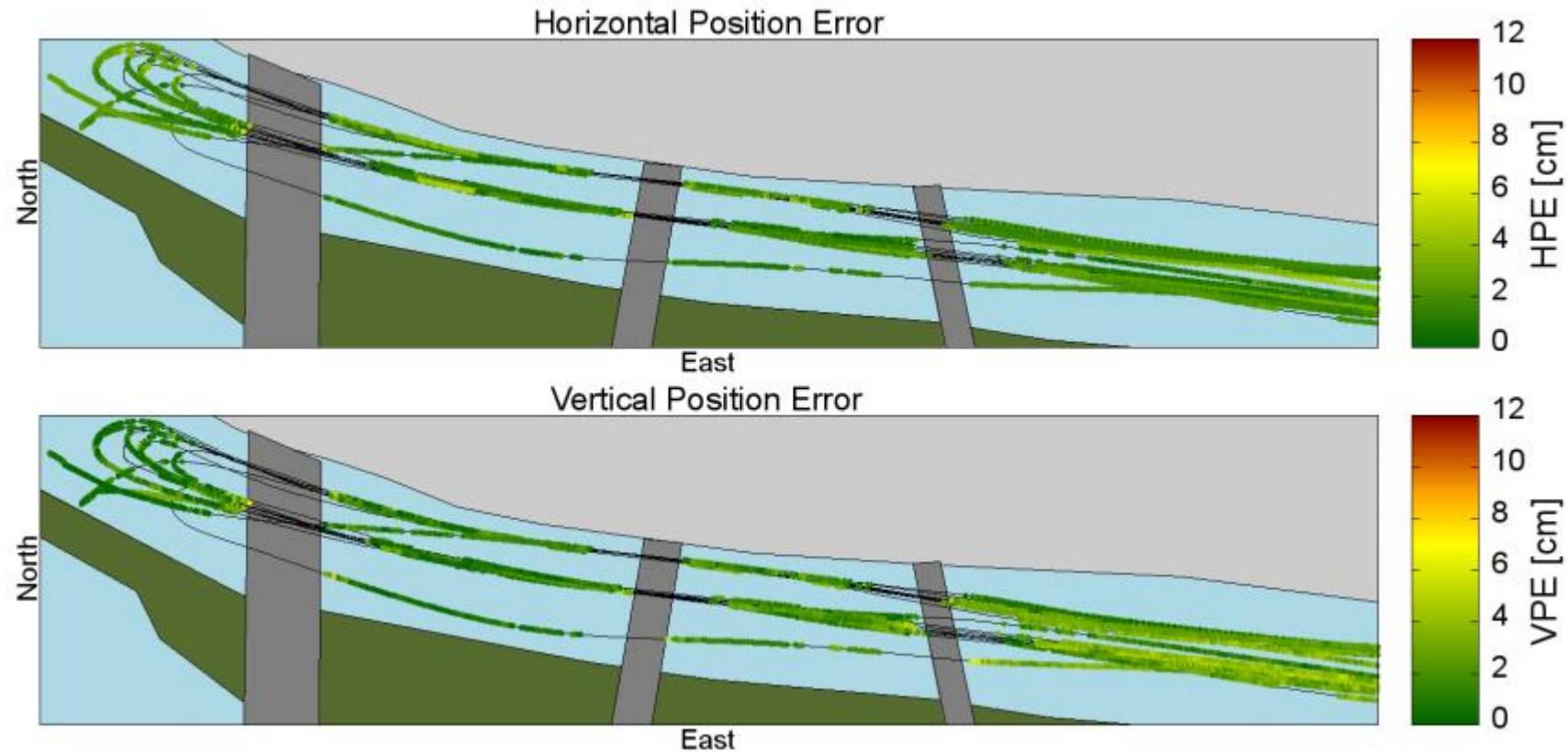
- RTK inklusive Integritätsbewertung für GNSS-basierte Positionsbestimmung







### 3. Automatisierung der Navigation – LAESSI



	Verlässliche Lösung	RMS [cm]	99% [cm]	Max [cm]
Horizontal	82 %	1.1	4	7.3
Vertikal	82 %	1.3	5	8.2



### 3. Automatisierung der Navigation – SCIPPER



- **SCIPPER** - **S**chleusenass**I**stenzsystem basierend auf **PPP** und **VDES** für die Binnenschifffah**R**t
- Konsortium:
  - Argonics GmbH
  - in-novative navigation GmbH
  - Alberding GmbH
  - Weatherdock AG
  - WSV
  - Bundesanstalt für Wasserbau
  - DLR





### 3. Automatisierung der Navigation – SCIPPPER



- Vorhaben: Fahrerassistenzsystem für die Automatisierung der Schleusenein- und -ausfahrt
- GNSS + Nahbereichssensorik
- Neben RTK auch PPP zur Positionierung  
→ Reduktion des benötigten Datenvolumens für höhere Updateraten

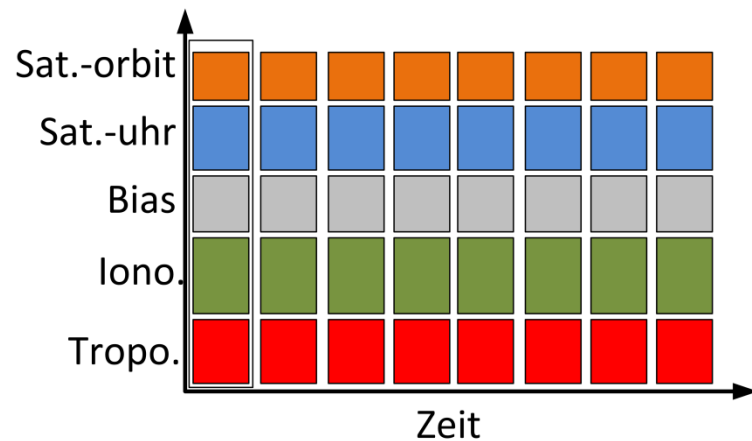




### 3. Automatisierung der Navigation – Korrekturdaten

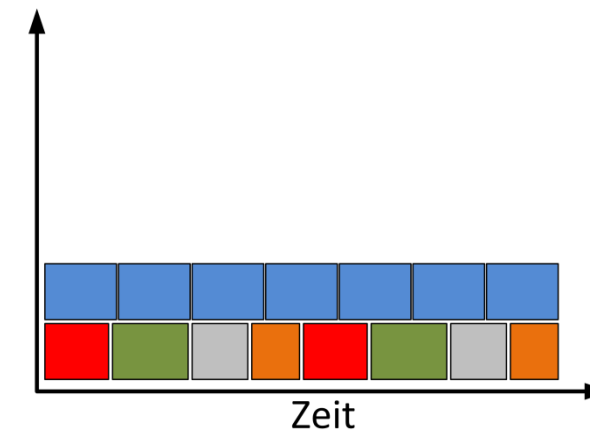


#### Observation State Representation



OSR: RTK → großes Datenvolumen

#### Space State Representation

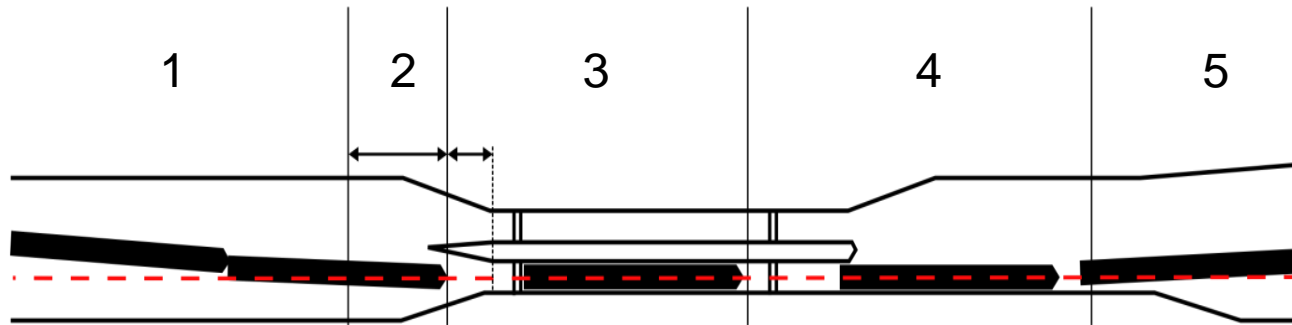


SSR: PPP → geringes Datenvolumen

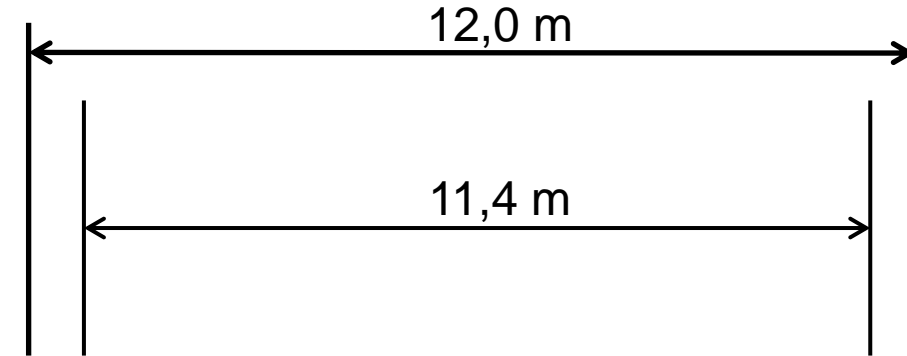
- Bereitstellung von Korrekturdaten (SSR) über VDE
- SSR Korrekturen momentan nur für GPS und GLONASS



### 3. Automatisierung der Navigation – SCIPPER



Phase	1	2	3	4	5
Positionsgenauigkeit GNSS [cm]	10	-	-	10	10
Positionsgenauigkeit Sensorik [cm]	-	1	1	1	-
Richtungsgenauigkeit GNSS [°] für eine Schiffslänge von 100 m	0,11	0,11	-	-	0,11
Richtungsgenauigkeit Sensorik [°] für eine Schiffslänge von 100 m	-	-	0,006	0,006	-
Updaterate [Hz]	10	10	10	10	10



## 4. Zusammenfassung

- Binnenschifffahrt von hoher Bedeutung für Gütertransport
- Aktuelle und zukünftige Projekte des DLR bzgl. autonomer Schifffahrt
- Galileo hilfreich für eine genaue und zuverlässige Positionierung
- Anforderungen durch Automatisierung → GNSS + weitere Sensoren





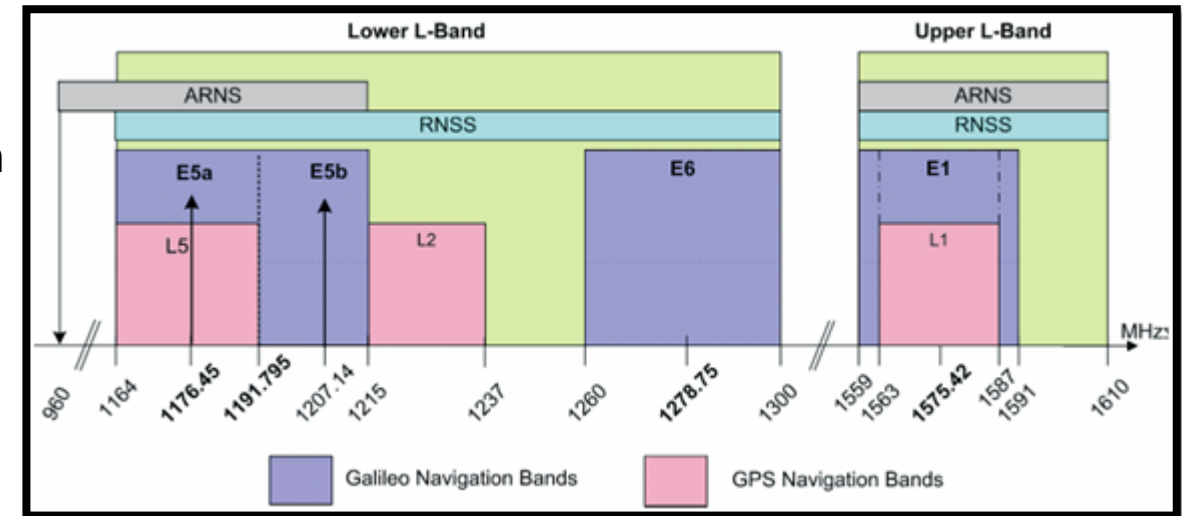
## 4. Ausblick: Galileo – High Accuracy service

- **Authentifizierung**

- Schutz gegen Spoofing
- Spreizcodes von E6 können verschlüsselt werden
- Authentifizierung von Navigationsnachrichten und Ankunftszeit (TOA) des Signals

- **Hohe Genauigkeit**

- PPP benötigt präzise Satellitenorbits und -uhren
- E6B für Orbit- und Uhrkorrekturen, Code- und Phasenbiases, Ionosphäreninformationen
- Datenrate von 448 bps pro Satellit



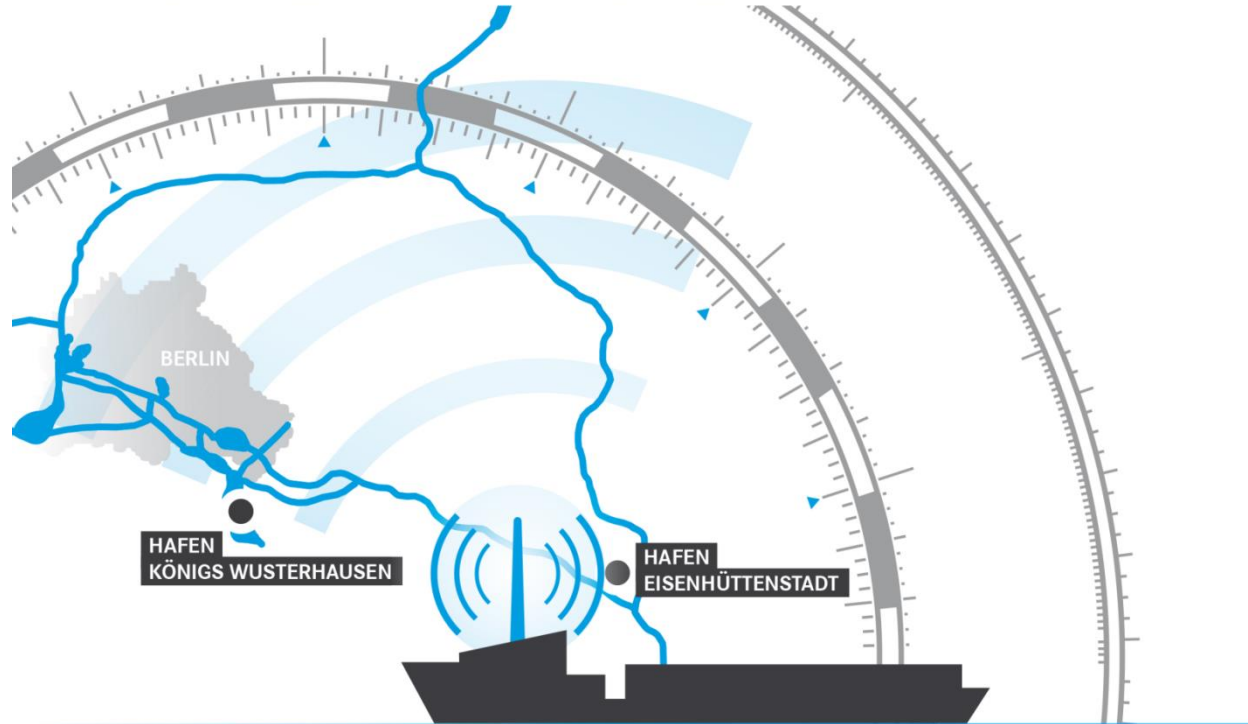
Galileo - Open Service - Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD V1.3)



## 4. Ausblick – AutonomSOW



### SPREE-ODER- WASSERSTRASSE



#### Vorteile durch Automatisierung

- Entschärfung Personalmangel
- Ermittlung energieschonender Fahrweisen
- Wirtschaftlichkeit

#### Vision

- Systeme zum Laden und Entladen an Bord
- Selbstorganisierend
- Teil einer intermodalen Logistikkette





***Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!***

christoph.lass@dlr.de

## Autonom SOW: KURS ZUKUNFT

**2019**

**MANUELLES  
FAHREN**



Heute haben Schiffe eine Besatzung, die das Schiff führt. Sie nutzt Radar, elektronische Schifffahrtskarten und AIS für Navigation.

**2020**

**TEILAUTOMATISIERTES  
FAHREN**



Künftig werden Schiffe von Land aus beim Fahren unterstützt, Landstation und Kapitän verständigen sich digital. Dazu wird per Satellitennavigation die Schiffsposition hochgenau ermittelt. Dank Autopilot fahren Schiffe nach vorgegebenen Wegen und Charakteristika.

**2022**

**AUTOMATISIERTES  
FAHREN**



Durch Sensoren, Autonavagation und den Austausch von relevanten Daten wird das Fahren von Schiffen automatisiert, sodass der Kapitän nur noch überwacht und in kritischen Situationen eingreift.

**2033**

**AUTONOMES  
FAHREN**



Aufbauend auf den Erkenntnissen des automatisierten Fahrens folgt autonom fahrende Binnenschifffahrt auf der Spree-Oder-Wasserstraße. Mensch und Computer sind ausschließlich Informationslieferanten.